

DIALOG(R)File 347:JAPIO  
(c) 2003 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

07027828      \*\*Image available\*\*  
PROJECTION OPTICAL SYSTEM AND PROJECTION TYPE DISPLAY DEVICE USING THE SAME

PUB. NO.:        2001-255462 A]  
PUBLISHED:      September 21, 2001 (20010921)  
INVENTOR(s):    SUNAGA TOSHIHIRO  
APPLICANT(s):   CANON INC  
APPL. NO.:      2000-065404 [JP 200065404]  
FILED:          March 09, 2000 (20000309)  
INTL CLASS:     G02B-017/00; G02F-001/13; G03B-021/10; G09F-009/00;  
                 H04N-005/64; H04N-005/74

#### ABSTRACT

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a projection optical system and a projection type display device using the projection optical system, in which the ratio of peripheral light quantity is secured and an oblique projection system having a high enlargement ration is used while the device is miniaturized.

SOLUTION: In this projection optical system, luminous flux from a picture display panel is guided to a screen surface inclined to a reference axis so as to form picture information on the screen surface. The optical system is equipped with a reflection optical system which has plural rotationally asymmetric reflection surfaces having curvature and where the luminous flux from the picture display panel is reflected on the plural rotationally asymmetric reflection surfaces and guided to the screen surface, and is provided with a diaphragm between the plural rotationally asymmetric reflection surfaces of the reflection optical system or between the reflection optical system and the picture display panel, and the diaphragm is set to form a picture at negative magnification by an optical member arranged nearer of the screen side than the position of the diaphragm.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-255462

(P2001-255462A)

(43)公開日 平成13年9月21日(2001.9.21)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード*(参考)
G 0 2 B 17/00		G 0 2 B 17/00	A 2 H 0 8 7
G 0 2 F 1/13	5 0 5	G 0 2 F 1/13	5 0 5 2 H 0 8 8
G 0 3 B 21/10		G 0 3 B 21/10	Z 5 C 0 5 8
G 0 9 F 9/00	3 6 0	G 0 9 F 9/00	3 6 0 K 5 G 4 3 5
H 0 4 N 5/64	5 0 1	H 0 4 N 5/64	5 0 1 D 9 A 0 0 1

審査請求 有 請求項の数20 O L (全 15 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2000-65404(P2000-65404)

(22)出願日 平成12年3月9日(2000.3.9)

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 須永 敏弘

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

(74)代理人 100086818

弁理士 高梨 幸雄

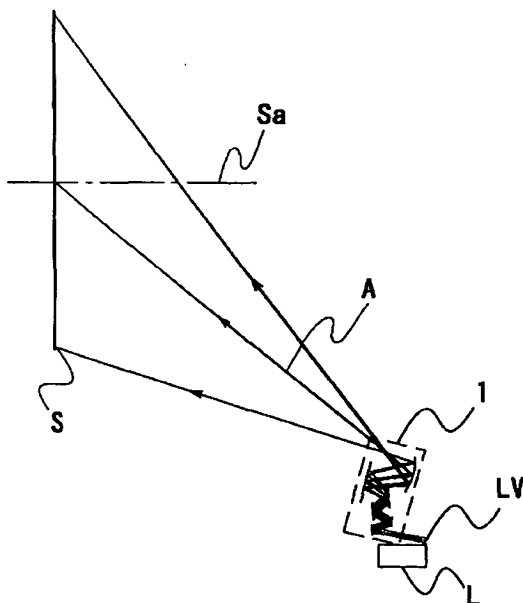
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 投射光学系及びそれを用いた投射型表示装置

(57)【要約】

【課題】 装置の小型化を図りつつ、周辺光量比を確保し、かつ拡大率の高い斜め投射方式を用いた投射光学系及びそれを用いた投射型表示装置を得ること。

【解決手段】 画像表示パネルからの光束を基準軸に対して傾斜したスクリーン面上に導光して、該スクリーン面に画像情報を形成する為の投射光学系において、該投射光学系は、曲率を有する回転非対称反射面を複数有し、該画像表示パネルからの光束が該複数の回転非対称反射面で反射をして該スクリーン面上に導光する反射光学系を有しており、該反射光学系の複数の回転非対称反射面間、又は、該反射光学系と該画像表示パネルの間に絞りを設け、該絞りが該絞り位置より該スクリーン側に配置した光学部材により負の倍率で結像するように設定していること。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 画像表示パネルからの光束を基準軸に対して傾斜したスクリーン面上に導光して、該スクリーン面に画像情報を形成する為の投射光学系において、該投射光学系は、曲率を有する回転非対称反射面を複数有し、該画像表示パネルからの光束が該複数の回転非対称反射面で反射をして該スクリーン面上に導光する反射光学系を有しており、該反射光学系の複数の回転非対称反射面間、又は、該反射光学系と該画像表示パネルの間に絞りを設け、該絞りが該絞り位置より該スクリーン側に配置した光学部材により負の倍率で結像するように設定していることを特徴とする投射光学系。

【請求項2】 表示パネルからの光を投射する投射光学系であって、絞りと複数の反射面とを有し、該複数の反射面のうち前記絞りを通過した光が最初に入射する屈折力を有する反射面の屈折力が正であることを特徴とする投射光学系。

【請求項3】 前記屈折力が正の反射面は凹面反射面または回折面であることを特徴とする請求項2の投射光学系。

【請求項4】 前記絞りは前記複数の反射面と前記パネルの間にあるか、前記屈折力が正の反射面と屈折力を有する別の反射面との間にあることを特徴とする請求項2の投射光学系。

【請求項5】 前記屈折力が正の反射面は非球面であることを特徴とする請求項2、3又は4の投射光学系。

【請求項6】 前記複数の反射面は、屈折力を有する非球面反射面を複数含むことを特徴とする請求項5の投射光学系。

【請求項7】 前記屈折力が正の反射面は非回転対称な非球面であることを特徴とする請求項2、3又は4の投射光学系。

【請求項8】 前記複数の反射面は、非回転対称な非球面を持ち且つ屈折力を有する複数の反射面を含むことを特徴とする請求項7の投射光学系。

【請求項9】 前記複数の反射面のうち屈折力を有する複数の反射面の全てが非回転対称な非球面を持つことを特徴とする請求項8の投射光学系。

【請求項10】 屈折力を有するレンズも有することを特徴とする請求項9の投射光学系。

【請求項11】 前記投射光学系は、前記画像表示パネルと前記スクリーンとが非平行の状態で配置されているときに使用されるものであることを特徴とする請求項1の投射光学系。

【請求項12】 前記反射光学系は、前記画像表示パネルからの光束を集光させて、光路中に中間像を結像することを特徴とする請求項1又は11の投射光学系。

【請求項13】 前記複数の回転非対称反射面の少なくとも一つは表面反射鏡より成っていることを特徴とする請求項1、11又は12の投射光学系。

【請求項14】 前記複数の回転非対称反射面の少なくとも一つは裏面反射鏡より成っていることを特徴とする請求項1、11又は12のいずれか1項の投射光学系。

【請求項15】 前記反射光学系は、透明体の表面に2つの屈折面と曲率を有する前記回転非対称反射面を複数形成し、前記画像表示パネルからの光束が1つの屈折面から該透明体の内部へ入射し、該複数の回転非対称反射面で反射して別の屈折面から射出するように構成された光学ブロックを少なくとも一つ含むことを特徴とする請求項1又は11から14のいずれか1項の投射光学系。

【請求項16】 前記複数の回転非対称反射面の少なくとも2つの反射面はモールド成形により一体で作成されていることを特徴とする請求項1又は11から15のいずれか1項の投射光学系。

【請求項17】 前記画像表示パネルの中心とスクリーン面上の画像情報の中心とを結ぶ中心線のまわりに前記反射光学系を展開したときの画像表示パネル側のアジムスき度における主点位置を $H(\xi)$ とし、該中心線と該スクリーン面の法線を含む面を表すアジムスを $\alpha$ としたとき

$$|H(\alpha+90^\circ)-H(\alpha)|/H(\alpha) < 0.2$$

となる条件を満足することを特徴とする請求項1又は11から16のいずれか1項の投射光学系。

【請求項18】 前記画像表示パネルの中心とスクリーン面上の画像情報の中心とを結ぶ中心線と前記スクリーンの法線とのなす角を $\theta$ とし、該中心線のまわりに前記反射光学系を展開したときのアジムスき度における焦点距離を $f(\xi)$ とし、該中心線と前記スクリーンの法線を含む面を表すアジムスを $\alpha$ としたとき

$$|1-\cos\theta f(\alpha)/f(\alpha+90^\circ)| < 0.2$$

となる条件を満足することを特徴とする請求項1又は11から17のいずれか1項の投射光学系。

【請求項19】 請求項1～18のいずれか1項に記載の投射光学系を用いて画像表示パネルに基づく光束をスクリーン面上に導光し、該スクリーン面に画像情報を形成していることを特徴とする投射型表示装置。

【請求項20】 請求項1～18のいずれか1項に記載の投射光学系を用いて画像表示パネルに基づく光束を1つ又は複数の平面ミラーを介して透過型のスクリーンに導光し、該スクリーン面に画像情報を形成していることを特徴とする投射型表示装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、投射光学系及びそれを用いた投射型表示装置に関し、例えば液晶表示素子（液晶パネル）やデジタルマイクロミラーデバイス等の画像表示パネルによって光変調された光束をスクリーン又は壁に導光し、画像情報を形成する液晶プロジェクター（プロジェクション）等の光学機器に好適なものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来より、液晶パネル等の画像表示パネルを光源からの光束により照明し、画像表示パネルで光変調された透過光又は反射光を用いて投影レンズにより、スクリーン又は壁に拡大投射して画像形成する受動型のプロジェクターが種々と提案されている。

【0003】プロジェクションに用いられる投射光学系において、スクリーンと装置との距離を短くするためにスクリーンに対し斜め投射が可能な投射光学系が種々と提案されている。図15は特開平05-100312号公報に開示されている投射光学系の実施例の概略図である。図中、Lは照明系、LVは透過又は反射型ドットマトリックス液晶等を用いたライトバルブである。ライトバルブLVに基づく画像を投射光学系PLによってスクリーンS上に拡大投影し、スクリーンSに映し出す。この発明では投射光学系PLとして大画角の広角レンズを用いて、ライトバルブLV、及びスクリーンSを投射光学系PLの光軸Laに対してシフトして配置し、画角の端の部分を使用して投射することにより斜め投射の光学系を構成している。

【0004】また、図16は特開平05-080418号公報に開示されている投射光学系の実施例の概略図である。図中、Lは照明系、LVは透過又は反射型ドットマトリックス液晶等を用いたライトバルブである。ライトバルブLVに基づく画像を第1の投射光学系PL1によって中間像を形成し、第2の投射光学系PL2によりスクリーンSに拡大投影している。この発明では、第1、2の投射光学系の光軸を適切に傾けることにより、スクリーンSに対し斜めに投射している。

【0005】また、再公表特許W097/01787号には、複数の反射面を用いて斜め方向から画像を投射する投射光学系が開示されている。

【0006】一方、最近、非共軸光学系を利用し、光学系全体的小型化を図った結像系が種々と提案されている。非共軸光学系では、基準軸という概念を導入し構成面を非対称非球面にすることで、十分収差が補正された光学系が構築可能であることが、例えば特開平9-5650号公報にその設計法が、特開平8-292371号公報、特開平8-292372号公報にその設計例が示されている。

【0007】こうした非共軸光学系はオフアキシャル光学系（像中心と瞳中心を通る光線に沿った基準軸を考えたとき、構成面の基準軸との交点における面法線が基準軸上にない曲面（オフアキシャル曲面）を含む光学系として定義される光学系で、このとき、基準軸は折れ曲がった形状となる）と呼ばれる。このオフアキシャル光学系は、構成面が一般には非共軸となり、反射面でもケラレが生じることがないため、反射面を使った光学系の構築がしやすい。また、光路の引き回しが比較的自由に行なえる、構成面を一体成形する手法で一体型の光学系を

作りやすいという特徴をもっている。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】特開平05-100312号公報では、光軸に対してライトバルブとスクリーンをシフトさせた投射光学系を用いており、この場合は、図11に示すように、使用する投射光学系の画角の大きさは $\theta 2$ である。しかしながら、使用される投射光学系としてはかなり大きい画角（ $\theta 1$ ）を有した高画角のレンズ系を必要とする。また、通常のレンズ系では光軸Laから画角が大きくなるにしたがって光量が落ちてくる。そのため、高画角のレンズ系を使用すればするほどスクリーンSの特に上下方向で明るさに差が出てしまう。また、光軸LaがスクリーンSの中心に向かうように構成した場合（図12）、通常のレンズ系ではスクリーンS上に像が結像されず光軸Laに垂直な平面S'上に結像される。この様に構成した場合、良く知られているように投影像が台形に歪み、スクリーンSの上下方向でピントがずれてしまう。この像面の傾きを補正する場合、スクリーンSの上部を通る光線の光路L1とスクリーンSの下部を通る光線の光路L2の差を打ち消さなければならない。この差を補正する場合、結像面付近で補正できれば光路L1と光路L2の光路差は縮小されるので補正量は少なくて済む。一方、投影像が拡大されたスクリーン側の光学面で補正をする場合、光路L1と光路L2の光路差がそのまま影響する。

【0009】また、特開平05-080418号公報に開示されている装置では、レンズ系をチルトしているだけなので像面を十分に傾けることが難しい。また、チルト量が多すぎると光学性能を確保することが難しくなる。

【0010】再公表特許特許W097/01787号に開示されている反射型ディスプレイ装置における投射光学系は、1枚の凹面鏡と1枚又は2枚の凸面鏡を用いて共軸系を構成し、該凹面鏡と凸面鏡の一部の反射面を用いて画像を斜め方向から投射している。共軸系である為、収差補正が難しく、反射光学系を明るくすること（Fナンバーを小さくすること）が難しい。

【0011】又、投射光学系は反射部材間に絞りを配置した構成を用いている。そして絞りを通過した光束が凸面鏡に入射し、該凸面鏡からの発散光束が次の凸面鏡に入射している。この為、2番目の凸面鏡の有効径が増大する傾向があった。又、このとき2つの凸面鏡は絞りの虚像を形成している。

【0012】本発明は、投射光学系及びそれを用いた投射型表示装置の提供を目的とする。

【0013】又、更に、明るい投射光学系及びそれを用いた投射型表示装置の提供を目的とする。

## 【0014】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明の投射光学系は、画像表示パネルからの光束を基準軸に対して傾

斜したスクリーン面上に導光して、該スクリーン面に画像情報を形成する為の投射光学系において、該投射光学系は、曲率を有する回転非対称反射面を複数有し、該画像表示パネルからの光束が該複数の回転非対称反射面で反射をして該スクリーン面上に導光する反射光学系を有しており、該反射光学系の複数の回転非対称反射面間、又は、該反射光学系と該画像表示パネルの間に絞りを設け、該絞りが該絞り位置より該スクリーン側に配置した光学部材により負の倍率で結像するように設定していることを特徴としている。

【0015】請求項2の発明の投射光学系は、表示パネルからの光を投射する投射光学系であって、絞りと複数の反射面とを有し、該複数の反射面のうち前記絞りを通過した光が最初に入射する屈折力を有する反射面の屈折力が正であることを特徴としている。

【0016】請求項3の発明は 請求項2の発明において、前記屈折力が正の反射面は凹面反射面または回折面であることを特徴としている。

【0017】請求項4の発明は請求項2の発明において、前記絞りは前記複数の反射面と前記パネルの間にあるか、前記屈折力が正の反射面と屈折力を有する別の反射面との間にあることを特徴としている。

【0018】請求項5の発明は請求項2、3又は4の発明において、前記屈折力が正の反射面は非球面であることを特徴としている。

【0019】請求項6の発明は請求項5の発明において、前記複数の反射面は、屈折力を有する非球面反射面を複数含むことを特徴としている。

【0020】請求項7の発明は請求項2、3又は4の発明において、前記屈折力が正の反射面は非回転対称な非球面であることを特徴としている。

【0021】請求項8の発明は請求項7の発明において、前記複数の反射面は、非回転対称な非球面を持ち且つ屈折力を有する複数の反射面を含むことを特徴としている。

【0022】請求項9の発明は請求項8の発明において、前記複数の反射面のうち屈折力を有する複数の反射面の全てが非回転対称な非球面を持つことを特徴としている。

【0023】請求項10の発明は請求項9の発明において、屈折力を有するレンズも有することを特徴としている。

【0024】請求項11の発明は請求項1の発明において、前記投射光学系は、前記画像表示パネルと前記スクリーンとが非平行の状態で配置されているときに使用されるものであることを特徴としている。

【0025】請求項12の発明は請求項1又は11の発明において、前記反射光学系は、前記画像表示パネルからの光束を集光させて、光路中に中間像を結像することを特徴としている。

【0026】請求項13の発明は請求項1、11又は12の発明において、前記複数の回転非対称反射面の少なくとも一つは表面反射鏡より成っていることを特徴としている。

【0027】請求項14の発明は請求項1、11又は12の発明において、前記複数の回転非対称反射面の少なくとも一つは裏面反射鏡より成っていることを特徴としている。

【0028】請求項15の発明は請求項1又は11から14のいずれか1項の発明において、前記反射光学系は、透明体の表面に2つの屈折面と曲率を有する前記回転非対称反射面を複数形成し、前記画像表示パネルからの光束が1つの屈折面から該透明体の内部へ入射し、該複数の回転非対称反射面で反射して別の屈折面から射出するように構成された光学ブロックを少なくとも一つ含むことを特徴としている。

【0029】請求項16の発明は請求項1又は11から15のいずれか1項の発明において、前記複数の回転非対称反射面の少なくとも2つの反射面はモールド成形により一体で作成されていることを特徴としている。

【0030】請求項17の発明は請求項1又は11から16のいずれか1項の発明において、前記画像表示パネルの中心とスクリーン面上の画像情報の中心とを結ぶ中心線のまわりに前記反射光学系を展開したときの画像表示パネル側のアジマス $\xi$ 度における主点位置を $H(\xi)$ とし、該中心線と該スクリーン面の法線を含む面を表すアジムスを $\alpha$ としたとき

$$|H(\alpha+90^\circ)-H(\alpha)|/H(\alpha) < 0.2 \cdots (1)$$

となる条件を満足することを特徴としている。

【0031】請求項18の発明は請求項1又は11から17のいずれか1項の発明において、前記画像表示パネルの中心とスクリーン面上の画像情報の中心とを結ぶ中心線と前記スクリーンの法線とのなす角を $\theta$ とし、該中心線のまわりに前記反射光学系を展開したときのアジマス $\xi$ 度における焦点距離を $f(\xi)$ とし、該中心線と前記スクリーンの法線を含む面を表すアジムスを $\alpha$ としたとき

$$|1-\cos\theta f(\alpha)/f(\alpha+90^\circ)| < 0.2 \cdots (2)$$

となる条件を満足することを特徴としている。

【0032】請求項19の発明の投射型表示装置は請求項1から18のいずれか1項に記載の投射光学系を用いて画像表示パネルに基づく光束をスクリーン面上に導光し、該スクリーン面に画像情報を形成していることを特徴としている。

【0033】請求項20の発明の投射型表示装置は請求項1から18のいずれか1項に記載の投射光学系を用いて画像表示パネルに基づく光束を1つ又は複数の平面ミラーを介して透過型のスクリーンに導光し、該スクリーン面に画像情報を形成していることを特徴としている。

【0034】

【発明の実施の形態】本実施形態の説明に入る前に、実

施形態の構成諸元の表し方及び実施形態全体の共通事項について説明する。

【0035】図17は本発明の光学系の構成データを定義する座標系の説明図である。本発明の実施形態では物体側から像面に進む1つの光線（図17中の一点鎖線で示すもので基準軸光線と呼ぶ）に沿って  $i$  番目の面を第  $i$  面とする。

【0036】図17において第1面R1は屈折面、第2面R2は第1面R1に対してチルトされた反射面、第3面R3、第4面R4は各々の前面に対してシフト、チルトされた反射面、第5面R5は第4面R4に対してシフト、チルトされた屈折面である。第1面R1から第5面R5までの各々の面はガラス、プラスチック等の媒質で構成される一つの光学素子上に構成されており、図17中では第1の光学素子B1としている。

【0037】従って、図17の構成では不図示の物体面から第1面R1までの媒質は空気、第1面R1から第5面R5まではある共通の媒質、第5面R5から不図示の第6面R6までの媒質は空気で構成している。

【0038】本発明の光学系はOff-Axial 光学系であるため光学系を構成する各面は共通の光軸を持っていない。そこで、本発明の実施形態においては先ず第1面の中心を原点とする絶対座標系を設定する。

【0039】そして、本発明の実施形態においては、第1面の中心点を原点とすると共に、原点と最終結像面の中心とを通る光線（基準軸光線）の経路を光学系の基準軸と定義している。さらに、本実施形態中の基準軸は方向（向き）を持っている。その方向は基準軸光線が結像に際して進行する方向である。

【0040】本発明の実施形態においては、光学系の基準となる基準軸を上記の様に設定したが、光学系の基準となる軸の決め方は光学設計上、収差の取り纏め上、若しくは光学系を構成する各面形状を表現する上で都合の良い軸を採用すれば良い。しかし、一般的には像面の中心と、絞り又は入射瞳又は射出瞳又は光学系の第1面の中心若しくは最終面の中心のいずれかを通る光線の経路を光学系の基準となる基準軸に設定する。

【0041】つまり、本発明の実施形態においては、基準軸は第1面の中心点を通り、最終結像面の中心へ至る光線（基準軸光線）が各屈折面及び反射面によって屈折・反射する経路を基準軸に設定している。各面の順番は基準軸光線が屈折・反射を受ける順番に設定している。

【0042】従って基準軸は設定された各面の順番に沿って屈折若しくは反射の法則に従ってその方向を変化させつつ、最終的に像面の中心に到達する。

【0043】本発明の各実施形態の光学系を構成するチルト面は基本的にすべてが同一面内でチルトしている。そこで、絶対座標系の各軸を以下のように定める。

【0044】Z 軸：原点と物体面中心を通る直線。物体面から第1面R1に向かう方向を正とする

Y 軸：原点を通りチルト面内（図17の紙面内）でZ 軸に対して反時計回りに90°をなす直線

X 軸：原点を通りZ、Y 各軸に垂直な直線（図17の紙面に垂直な直線）

又、光学系を構成する第  $i$  面の面形状を表すには、絶対座標系にてその面の形状を表記するより、基準軸と第  $i$  面が交差する点を原点とするローカル座標系を設定して、ローカル座標系でその面の面形状を表した方が形状を認識する上で理解し易い為、第  $i$  面の面形状をローカル座標系で表わす。

【0045】また、第  $i$  面のYZ面内でのチルト角は絶対座標系のZ 軸に対して反時計回り方向を正とした角度  $\theta_i$ （単位°）で表す。よって、本発明の実施形態では各面のローカル座標の原点は図17中のYZ平面上にある。またXZおよびXY面内での面の偏心はない。さらに、第  $i$  面のローカル座標  $(x, y, z)$  の  $y, z$  軸は絶対座標系  $(X, Y, Z)$  に対してYZ面内で角度  $\theta_i$  傾いており、具体的には以下のように設定する。

【0046】z 軸：ローカル座標の原点を通り、絶対座標系のZ 方向に対しYZ面内において反時計方向に角度  $\theta_i$  をなす直線

y 軸：ローカル座標の原点を通り、z 方向に対しYZ面内において反時計方向に90°をなす直線

x 軸：ローカル座標の原点を通り、YZ面に対し垂直な直線

また、 $D_i$  は第  $i$  面と第  $(i+1)$  面のローカル座標の原点間の間隔を表すスカラー量、 $N_{di}$ 、 $\nu_{di}$  は第  $i$  面と第  $(i+1)$  面間の媒質の屈折率とアッペ数である。

【0047】ここで、球面は以下の式で表される形状である：

【0048】

【数1】

$$z = \frac{(x^2 + y^2)/R_i}{1 + \left\{ 1 - (x^2 + y^2)/R_i^2 \right\}^{1/2}}$$

【0049】また、本発明の光学系は少なくとも回転非対称な非球面を一面以上有し、その形状は以下の式により表す：

$$z = C02y^2 + C20x^2 + C03y^3 + C21x^2y + C04y^4 + C22x^2y^2 + C40x^4 + C05y^5 + C23x^2y^3 + C41x^4y + C06y^6 + C24x^2y^4 + C42x^4y^2 + C60x^6$$

上記曲面式は  $x$  に関して偶数次の項のみであるため、上記曲面式により規定される曲面は  $yz$  面を対称面とする面対称な形状である。さらに以下の条件が満たされる場合は  $xz$  面に対して対称な形状を表す。

$$【0050】C03 = C21 = t = 0$$

さらに

$$C02 = C20 \quad C04 = C40 = C22/2 \quad C06 = C60 = C24/3 = C42/3$$

が満たされる場合は回転対称な形状を表す。以上の条件を満たさない場合は非回転対称な形状である。

【0051】次に本発明の各実施形態について説明する。

【0052】図1は本発明の投射光学系を用いた投射型表示装置の実施形態1の要部概略図である。

【0053】図1においてLVは反射型ドットマトリクス液晶やデジタルマイクロミラーデバイス等を用いたライトバルブ（画像表示パネル）である。LはライトバルブLVに光を照明する照明系である。照明系Lはランプ、コンデンサーレンズ、波長を選択するフィルター等から成り立っている。1はライトバルブLVで光変調された光をスクリーンSに導光し、スクリーンS面上に画像を形成するためのオフアキシタル系を利用した投射光学系である。図2は図1の投射光学系1とライトバルブLV、そして照明系Lの拡大図である。

【0054】図2の投射光学系は曲率を有する回転非対称反射面を複数有し、画像表示パネルからの光束が複数の回転非対称反射面で反射を繰り返してスクリーンに投射され、その面上に実像を結ぶ反射光学系より成っている場合を示しているが、投射光学系は図2に示す反射光学系の他にレンズ系や他の反射光学系を有するように構成しても良い。

【0055】図1,図2において、反射光学系1はライ

トバルブLVからの光線の通過順に、絞りSS、凹面鏡R1・凸面鏡R2・凹面鏡R3・凸反射面R4・凸面鏡R5・凹面鏡R6の6つの反射面で構成されている。すべての反射面はYZ平面のみに対して対称な面である。ここで、凸面鏡R5と凹面鏡R6の間でライトバルブLVに基づく画像は中間結像しており、絞りSSは凹面鏡R6付近の位置SSaで結像している。即ち凹面鏡R6付近で瞳の結像をしている。この位置SSaはスクリーンS側の瞳となる。ここで絞りSSはスクリーンS側の光学系により一度実像として結像し、このときの結像倍率は負の倍率となっている。この様に、本実施形態では絞りSSの像が絞り位置よりスクリーンS側の光学系（反射面R1～R5）により負の倍率の結像をする構成をすることにより、各面の光線有効径を小さく抑え、反射面等の各光学素子及び光学系全体のコンパクト化を達成している。

【0056】本実施形態では、ライトバルブLVの大きさは10.8×19.2mm、スクリーンSの大きさは縦横比9:16の60インチ（747×1328mm）である。また、スクリーンSの法線Saは基準軸Aに対し42度傾いている。以下、本実施例に用いられる反射光学系の構成データを示す。構成データでは絞りS面から像面（スクリーン面）に至る各面に順に番号を付している。

絞り径		9.00					
i	Yi	Zi	$\theta_i$	Di	Ndi	$\mu_{di}$	
1	0.00	0.00	0.00	32.26	1		絞り
2	0.00	32.26	17.67	45.33	1		反射面
3	-26.22	-4.71	8.29	46.47	1		反射面
4	-41.18	39.28	17.39	45.51	1		反射面
5	-77.79	12.25	14.50	59.90	1		反射面
6	-102.68	66.73	-2.06	102.23	1		反射面
7	-138.37	-29.06	-4.71	980.17	1		反射面
8	-635.29	836.51	12.14		1		像面
非球面形状							
R 1 面	C02=-4.49687e-03		C20=-4.86771e-03				
	C03=5.69210e-06		C21=1.24178e-05				
	C04=-1.51960e-07		C22=-2.54883e-07		C40=-1.42672e-07		
	C05=-2.46793e-10		C23=-4.09563e-09		C41=-1.82622e-09		
	C06=-6.21629e-11		C24=-1.54069e-10		C42=-2.02039e-10		
	C60=-7.59135e-12						
R 2 面	C02=-3.53809e-03		C20=-3.25444e-03				
	C03= 4.17013e-05		C21= 1.32567e-04				
	C04=-9.98623e-07		C22=-1.51987e-06		C40=-4.45744e-07		
	C05= 1.30709e-08		C23=-9.55779e-09		C41=-1.73083e-08		
	C06=-5.65529e-10		C24=-6.97342e-11		C42=-4.30573e-10		
	C60=-2.13646e-11						
R 3 面	C02=-1.30032e-03		C20=-2.56607e-04				
	C03= 4.43561e-06		C21= 1.32174e-04				
	C04=-2.62553e-08		C22= 1.00960e-06		C40= 7.68176e-07		
	C05= 1.74031e-09		C23= 8.37695e-09		C41= 1.20650e-08		

	C06=-1.36927e-11	C24= 1.74384e-10	C42= 2.96519e-10
	C60= 6.13742e-11		
R 4 面	C02=-1.66701e-03	C20=-3.65447e-03	
	C03= 2.01207e-05	C21= 2.02910e-04	
	C04= 4.13482e-07	C22=-1.01346e-06	C40= 5.37830e-07
	C05= 1.69426e-10	C23= 2.13758e-08	C41= 2.22534e-09
	C06=-1.10132e-10	C24=-4.19386e-10	C42=-3.64616e-10
	C60=-2.17667e-10		
R 5 面	C02=-3.70314e-04	C20=-2.44681e-03	
	C03= 1.34521e-06	C21= 3.26044e-05	
	C04= 3.10235e-07	C22= 1.40380e-08	C40=-7.66155e-08
	C05= 1.21219e-09	C23= 1.33276e-08	C41= 2.02925e-09
	C06=-7.87877e-11	C24= 1.31044e-10	C42= 5.22698e-11
	C60=-1.13702e-11		
R 6 面	C02= 3.77979e-03	C20= 5.98505e-03	
	C03=-1.57953e-05	C21=-3.81115e-05	
	C04= 9.47079e-08	C22= 1.91802e-07	C40=-2.34207e-07
	C05= 5.93045e-10	C23= 1.52327e-09	C41= 4.88138e-09
	C06=-1.73838e-11	C24=-7.00697e-12	C42=-5.86393e-11
	C60= 1.15306e-11		

次に本実施形態の光学系における光学作用を説明する。照明系Lの光源LPから発生した光は、不図示のコンデンサーレンズ、カラーフィルター等を通りライトバルブLVを照明し、ライトバルブLVで光変調された光が反射光学系1で集光されスクリーンに導光され、ライトバルブLVに基づく画像が映し出される。

【0057】図4はスクリーンS上でのデフォーカス特性、周辺光量を評価する評価位置を示して。本実施形態の投射光学系1のディストーションの様子を図3に、スクリーンS上の像位置①、②、③、④、⑤の位置でのデフォーカス特性を図5に示す。本実施形態の投射光学系1は図3を見れば分かつとおり、大きなディストーションはなく、非対称なディストーションも少ない。図5のデフォーカス特性を表す個々のグラフは基準軸上においてスクリーンから-25cm～25cmの範囲における周波数1本/mmのMTFを示して、実線がスクリーン上のローカル座標でのy方向のコントラスト値で、破線がスクリーン上のローカル座標でのx方向のコントラスト値を表している。この図から各像位置において、スクリーン上でMTFがピークをもつ、つまり、スクリーン上にピントが合っていることがわかる。また、各像位置でコントラ

スト値はほぼ50%を確保している。

【0058】また、図4に示してあるスクリーンにおける対角線上の位置⑤、⑦、④、③、②の像位置における光量比は以下になる（位置④の光量を100とする）。

【0059】

⑤=94.8、⑦=95.3、④=100、③=94.2、②=91.8

この様に光量分布にほとんど差は見られない。

【0060】本実施形態で用いられている反射光学系において、基準軸の周りに展開したアジマス0度と90度における焦点距離 $f_1(0)$ 、 $f_1(90)$ とライトバルブLV側の主点位置 $H_1(0)$ 、 $H_1(90)$ を計算すると以下のような値になる。ただし、アジマス0度は図4において像位置②、④、⑤を含むアジマスであり、アジマス90度は図4において像位置③、④を含むアジマスである。また、主点位置は凹面鏡R1を基準とし、光の進む方向を正としている。

【0061】 $f_1(0)=-17.83$ 、 $f_1(90)=-13.7$ 、 $H_1(0)=-132.72$ 、 $H_1(90)=-128.764$

故に、前述の(1)、(2)式による値は、

$$|(H(90)-H(0))/H(0)|=0.03<0.2 \cdots (1)$$

$$|1-\cos(42^\circ) \cdot f(0)/f(90)|=0.03<0.2 \cdots (2)$$

となる（ここで42度はスクリーンSの法線Saと基準軸Aのなす角である。）。

【0062】本実施形態においては基準軸Aに対し、ライトバルブLVをシフト、若しくはチルトさせているわけではないので、反射光学系1をライトバルブLVから見た

ときにアジマス依存性が少ない、つまり主点位置にアジマス依存性が少ない方が望ましい。本実施形態では、(1)式の値から解るように主点位置のアジマス依存性が少ないといえる。もし、(1)式の値が大きい場合、非対称性の収差が多く発生することになり収差補正上好まし



くなく、0.2以上になると収差補正が難しくなる。図13は図12の状態におけるスクリーン部を表している。図13において、Aは基準軸、Sは傾いたスクリーン、S'は基準軸Aに垂直な平面であり、スクリーンSと面S'は角度 $\theta$ だけ傾いている。本来は面S'上に反射光学系1で拡大投影されたライトバルブLVの像面が結像される。特開平09-5650号公報に開示されているように、基準軸Aの周りに展開し、評価面を基準軸に垂直な平面S'で評価した場合、近軸量はアジマスとアジマス $+180^\circ$ で同じ値を示す。故に、特開平09-5650号公報で表される近軸量が像面の傾きを起こすわけではない。つまり、像面湾曲と同種の収差が、詳しく述べると、スクリーンSと面S'の交線から離れるにしたがってピント位置がずれる収差が発生しているために像面が傾くと解釈できる。こう解釈した場合、評価面である面S'におけるy方向の倍率 $\beta y'$ はスクリーンSにおける倍率 $\beta y$ が射影されたと考えることができるので、スクリーンS上で縦横比が保たれるためには、以下の関係を満たしている必要がある。

【0063】

$$\beta y = \beta y' / \cos \theta = \beta x \quad (\text{図14参照})$$

ゆえに

【0064】

【数2】

$$\beta y' / \beta x = \cos \theta = \frac{(f(0) - ss'(0)) / f(0)}{(f(90) - ss'(90)) / f(90)} = \frac{f(90)}{f(0)}$$

【0065】ここで、 $ss'(0)$ 、 $ss'(90)$ はアジマス $0^\circ$ と $90^\circ$ における反射光学系のスクリーンS側の主点位置からスクリーンSまでの距離である。上式において、本実施形態では $ss'(0) = 1034$ 、 $ss'(90) = 991$ であるので、 $ss'(0) \approx ss'(90)$ 、 $ss'(0) \gg f(0)$ 、 $ss'(90) \gg f(90)$ として近似した。つまり、(2)式が小さいことが縦横比が保たれる条件である。(2)式の値が0.2より大きくなるとディストーションが大きくなり収差補正が難しくなる。また、スクリーン側の瞳SSaに絞りを置いた場合、スクリーンの上部を通る光路長とスクリーン下部を通る光路長が異なるためにこの位置に絞りを設けるとスクリーンの上下で明るさに差があるので好ましくない。

【0066】本実施形態では前述の(1)、(2)式のうち少なくとも一方を満足させるようにしている。

【0067】本実施形態では絞りを表示パネル(ライトバルブ)LVと反射光学系1との間に設けたが本実施形態はこれに限らない。本実施形態では回転非対称反射面を

表面反射面として用いているが、特開平8-292372号公報、特開平9-222561号公報、特開平9-258105号公報等で開示されているように透明体の表面に回転非対称反射面を形成した光学ブロックを使用しても良い。さらに、複数の回転非対称表面反射面を一体にモールド成形しても良い。本実施形態では、回転非対称反射面を6面用いているが、反射面は6面に限らずいくつあっても良い。ただし、収差補正上、少なくとも3枚以上あることが望ましい。また、回転非対称反射面はある平面に対して対称な形状であるが、これに限らない。

【0068】図6は本発明の投射型表示装置の実施形態2の要部概略図である。図6においてLLはライトバルブLV1に光を照明する照明系である。2はライトバルブLV1で光変調された光をスクリーンSに投射するためのオフアキシタル系を利用した反射光学系である。図7は図6の反射光学系2と照明系LLの詳細図である。図6、図7において、LV1は透過型ドットマトリクス液晶等から成るライトバルブ、M(M1~M5)は平面ミラー、または、ダイクロイックミラーであり、L2は光源、Pはダイクロイックプリズムである。SSは絞りである。

【0069】図6、図7において、反射光学系2はダイクロイックプリズムPからの光線の通過順に、凹面鏡R1・凸面鏡R2、絞りSS、凹面鏡R3・凸面鏡R4・凸面鏡R5・凹面鏡R6の6つの反射面で構成されている。すべての反射面はYZ平面のみに対して対称な面である。ここで、凸面鏡R5と凹面鏡R6の間でライトバルブLV1に基づく画像は中間結像しており、絞りSSは凹面鏡R6付近で結像している。即ち凹面鏡R6付近で瞳の結像をしている。この様に、絞りSSの像が絞り位置よりスクリーン側の光学系(R3~R6)により負の倍率の結像をする構成を取ることにより、各面の光線有効径を小さく抑え、各光学素子及び光学系全体のコンパクト化を達成している。

【0070】また、凹面鏡R1・凹面鏡R3・凸面鏡R5、凸面鏡R2・凸面鏡R4は、それぞれモールド成形等により一体的に構成されている。

【0071】本実施形態においてライトバルブLV1の大きさは $12.82 \times 22.8 \text{ mm}$ 、スクリーンSの大きさは縦横比9:16の60インチ( $747 \times 1328 \text{ mm}$ )である。また、スクリーンSの法線Saは基準軸Aに対し42度傾いている。以下、本実施形態に用いられる反射光学系の構成データを示す。

絞り 楕円形状長軸 10mm 短軸 8mm

物体側NA0.14

i	Yi	Zi	$\theta_i$	Di	Ndi	$n_{di}$	
1	0.00	0.00	0.00	40.00	1.51633	0.00	屈折面
2	0.00	40.00	0.00	94.44	1		屈折面
3	0.00	134.44	24.10	62.00	1		反射面
4	-46.22	93.12	3.20	20.00	1		反射面

5	-59.55	108.03	-41.80	66.05	1	絞り
6	-103.58	157.27	-5.43	65.00	1	反射面
7	-137.00	101.52	-1.54	60.95	1	反射面
8	-171.10	152.04	-4.02	112.93	1	反射面
9	-220.57	50.52	5.48	969.57	1	反射面
10	-466.94	969.57	26.99		1	像面

## 非球面形状

R 1 面	C02=-3.44101e-03	C20=-4.58807e-03		
	C03=3.00440e-07	C21=2.78030e-06		
	C04=-7.01756e-08	C22=-1.74221e-07	C40=-1.12497e-07	
	C05=-1.27294e-10	C23=8.12098e-11	C41=3.12082e-10	
	C06=-3.83615e-12	C24=-1.10477e-11	C42=-1.44544e-11	
c60=-7.14330e-12				
R 2 面	C02=-1.77378e-03	C20=-5.41577e-03		
	C03=5.41708e-06	C21=7.40562e-05		
	C04=-1.76494e-07	C22=-8.51854e-07	C40=-3.39088e-07	
	C05=1.36936e-09	C23=1.39948e-08	C41=1.57616e-08	
	C06=-1.31153e-11	C24=-1.03951e-10	C42=-3.22676e-10	
c60= 5.17060e-11				
R 3 面	C02=-4.06842e-04	C20=4.21014e-04		
	C03=-1.71357e-05	C21=5.33947e-05		
	C04=1.45062e-07	C22=-1.23899e-07	C40=5.80084e-07	
	C05=-5.71252e-10	C23=6.97038e-09	C41=1.25680e-08	
	C06=6.89521e-13	C24=3.16751e-12	C42=2.25270e-10	
c60=8.97051e-11				
R 4 面	C02=1.20784e-03	C20=2.06883e-03		
	C03=-1.40533e-05	C21=4.44511e-05		
	C04=1.42042e-07	C22=-1.75304e-09	C40=1.84753e-07	
	C05=9.01218e-10	C23=1.46871e-09	C41=2.53895e-10	
	C06=-4.31366e-12	C24=-8.79849e-12	C42=-1.82599e-12	
c60=-4.30585e-12				
R 5 面	C02=2.70769e-03	C20=1.00819e-03		
	C03=5.68901e-06	C21=3.16537e-05		
	C04=4.86535e-07	C22=-9.16386e-08	C40=4.00354e-08	
	C05=-1.21193e-09	C23=-6.83278e-10	C41=1.45772e-09	
	C06=5.47807e-12	C24=-1.36131e-10	C42=-9.34573e-11	
c60=-7.03592e-13				
R 6 面	C02=3.62336e-03	C20=5.17427e-03		
	C03=-1.38973e-05	C21=-2.14069e-05		
	C04=1.47678e-07	C22=1.65634e-07	C40=-4.61086e-08	
	C05=-1.05417e-09	C23=-7.54144e-10	C41=3.87584e-10	
	C06=5.56347e-12	C24=5.18352e-12	C42=-1.00483e-12	
c60= 7.76995e-12				

次に本実施形態における光学作用を説明する。照明系LLの光源L2から発生した光は複数枚の反射鏡Mを通り、R（赤色）G（緑色）B（青色）の三原色に分割される。そして、R、G、B各色光はそれぞれに対応するライトバルブLV1を通り、ダイクロミックプリズムPにより合成され、反射光学系2でスクリーンS上に導光され

る。ライトバルブLV1に基づく画像（カラー画像）が反射光学系でスクリーンに映し出される。本実施形態の投射光学系2のディストーションの様子を図8に、図4におけるスクリーンS上の像位置①、②、③、④、⑤の位置でのデフォーカス特性を図9に示す。本実施形態の投射光学系2は図8を見れば分かりますとおり、大きなディス

トーションはなく、非対称なディストーションも少ない。図9のデフォーカス特性を表す個々のグラフは基準軸上においてスクリーンから-25cm~25cmの範囲における周波数1本/mmのMTFを示して、実線がスクリーン上のローカル座標でのy方向のコントラスト値で、破線がスクリーン上のローカル座標でのx方向のコントラスト値を表している。この図から各像位置において、スクリーン上でMTFがピークをもつ、つまり、スクリーン上にピントが合っていることがわかる。また、各像位置でコントラスト値はほぼ50%を確保している。

【0072】また、図4に示してあるスクリーンにおける対角線上の⑤、⑦、④、⑧、⑨の像位置における光量比は以下ようになる(④の光量を100とする)。

【0073】

⑤=96.5、⑦=101.2、④=100、⑧=102.9、⑨=105.5  
この様に光量分布にほとんど差は見られない。

【0074】本実施形態で用いられている反射光学系において、基準軸の周りに展開したアジマス0度と90度における焦点距離 $f_1(0)$ 、 $f_1(90)$ とライトバルブLV1側の主点位置 $H_1(0)$ 、 $H_1(90)$ を計算すると以下のような値になる。ただし、アジマス0度は図4において像位置②、④、⑥を含むアジマスであり、アジマス90度は図4において像位置③、④を含むアジマスである。また、主点位置は凹面鏡R1を基準とし、光の進む方向を正としている。

【0075】 $f_1(0)=-19.81$ 、 $f_1(90)=-15.25$ 、 $H_1(0)=-140.15$ 、 $H_1(90)=-135.79$

故に

$$|(H(90)-H(0))/H(0)|=0.03<0.2\cdots(1)$$

$$|1-\cos(42^\circ)f(0)/f(90)|=0.03<0.2\cdots(2)$$

となる(ここで42度はスクリーンSの法線Saと基準軸Aのなす角である。)

【0076】本実施形態においては基準軸Aに対し、ライトバルブLV1をシフト、若しくはチルトさせているわけではないので、反射光学系2をライトバルブLV1から見たときにアジマス依存性が無い、つまり主点位置にアジマス依存性が無い方が望ましい。本実施形態では、(1)式の値から解るように主点位置のアジマス依存性が少ないといえる。もし、(1)式の値が大きい場合、非対称性の収差が多く発生することになり収差補正が難しくなく、0.2以上になると収差補正が難しくなる。また、(2)式が小さいので、スクリーン上での縦横比が保たれている。(2)式の値が0.2より大きくなるとディストーションが大きくなり収差補正が難しくなる。また、スクリーンS側の瞳に絞りを置いた場合、スクリーンの上部を通る光路長とスクリーン下部を通る光路長が異なるためにこの位置に絞りを設けるとスクリーンの上下で明るさに差が出て来る。

【0077】本実施形態では絞りSSを回転非対称反射面R2と回転非対称反射面R3の間に設けたが本実施形態

はこれに限らない。本実施形態では回転非対称反射面を表面反射面として用いているが、特開平8-292372号公報、特開平9-222561号公報、特開平9-258105号公報等で開示されているように透明体の表面に回転非対称反射面を形成した光学ブロックを使用しても良い。

【0078】さらに、本実施形態では、凹面鏡R1・凹面鏡R3・凸面鏡R5、凸面鏡R2・凸反射面R4は、それぞれモールド成形等により一体的に構成されているがこれに限定はされない。本実施形態では、回転非対称反射面を6面用いているが、反射面は6面に限らず、いくつであっても良い。ただし、収差補正上、少なくとも3枚以上あることが望ましい。また、回転非対称反射面はある平面に対して対称な形状であるが、これに限らない。

【0079】図10は本発明の投射型表示装置の実施形態3の要部概略図である。本実施形態は図6の実施形態2に比べて、投射光学系を、前面に透過型スクリーンSを設けたケースK内に備え背面投射型表示装置に適用した点が異なっている。反射光学系2からの光束を平面ミラーMM1と平面ミラーMM2で折り返され透過型のスクリーンSに投射している。この様にスクリーンS上に斜めに投射する投射光学系を用いることにより装置の奥行きを小さくしている。この場合、基準軸とスクリーンの角度が大きければ大きいほど装置の奥行きを縮めることができる。

【0080】本実施例では平面ミラーMM1とMM2の2つのミラーで光路を折り曲げているが本実施形態はこれに限定されず、2以上の複数のミラーを用いても良い。

【0081】以上のように本発明の各実施形態によれば、斜め投射をする投射型表示装置において、曲率を有する回転非対称反射面を3面以上有し、画像表示パネルからの光束が前記複数の回転非対称反射面で反射を繰り返してスクリーンに投影され実像を結ぶ反射光学系を用い、かつ反射光学系として回転非対称反射面と反射面の間、又は、反射光学系と表示パネルの間に絞りを設け、絞りの像が絞り位置よりスクリーン側の光学系により負の倍率の結像をするように構成することにより、装置の小型化を図りつつ、周辺光量比を確保し、かつ拡大率の高い斜め投射の投射型表示装置を得ることができる。さらに、本実施形態によればスクリーン面上に拡大投影される像面が基準軸に対して斜めに結像されるように構成し、基準軸周りに展開される焦点距離、主点位置等を適切な値に設定することにより、斜め投射でありながらスクリーンでの光量をほぼ均一にし、ディストーション、主に台形歪みを抑え良好なる投射画像を得ることができる。

【0082】

【発明の効果】本発明によれば以上のように各要素を設定することにより、装置の小型化を図りつつ、周辺光量比を多く確保し、かつ拡大率の高い斜め投射の方式を用

いた投射光学系及びそれを用いた投射型表示装置を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施形態 1 の投射光学系を用いた投射型表示装置の構成図

【図 2】図 1 の投射光学系の反射光学系 1 と照明系 L、ライトバルブ LV の構成図

【図 3】本発明の実施形態 1 の投射光学系のディストーションを示す説明図

【図 4】本発明に係るスクリーン上における評価位置を示す説明図

【図 5】本発明の実施形態 1 の投射光学系のデフォーカス特性を示す説明図

【図 6】本発明の実施形態 2 の投射光学系を用いた投射型表示装置の構成図

【図 7】本発明の実施形態 2 の投射光学系の反射光学系 2 と照明系の構成図

【図 8】本発明の実施形態 2 の投射光学系のディストーションを示す説明図

【図 9】本発明の実施形態 2 の投射光学系のデフォーカス特性を示す説明図

【図 10】本発明の実施形態 3 の投射型表示装置を示す説明図

【図 11】従来のシフト光学系の概念図

【図 12】従来の斜め投射した光学系の概念図

【図 13】斜め投射した場合の倍率の関係を示す説明図

【図 14】斜め投射した場合の倍率の関係を示す説明図

【図 15】従来の斜め投射光学系を示す説明図

【図 16】従来の斜め投射光学系を示す説明図

【図 17】本発明における反射光学系の座標系の説明図

【符号の説明】

1、2・・・反射光学系

L、L2・・・照明光学系

LV、LV1・・・ライトバルブ

LL・・・ライトバルブ、照明系

R1～R6・・・回転非対称反射面

S・・・スクリーン

SS・・・絞リ

S'・・・基準軸に垂直な平面

M・・・ミラー、及びダイクロイックミラー

M1、M2・・・折り返しミラー

P・・・ダイクロイックプリズム

A・・・基準軸

K・・・収納ケース

$\beta_x, \beta_y, \beta_y'$ ・・・倍率

Ri, Rm, n面

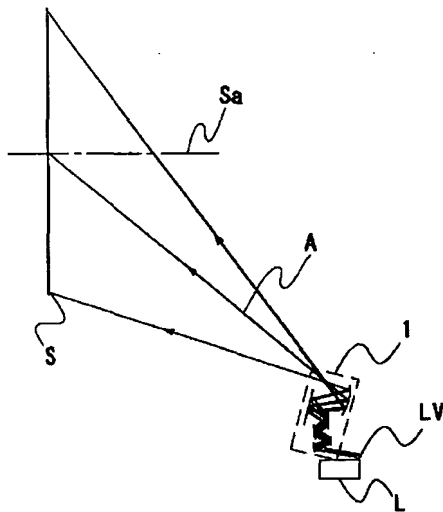
Bi 第 i の光学素子

Di 基準軸に沿った面間隔

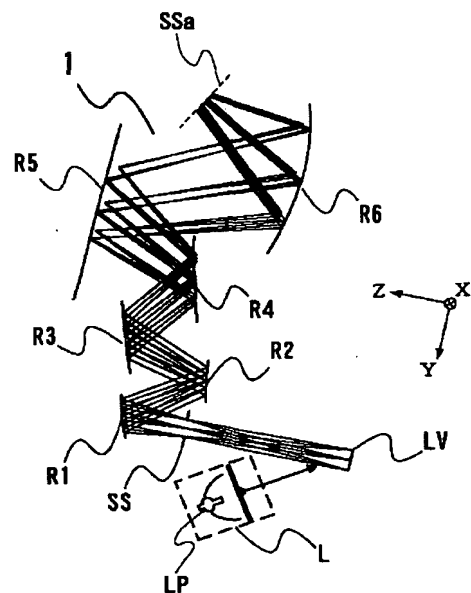
Ndi 屈折率

$\rho_{di}$  アッベ数

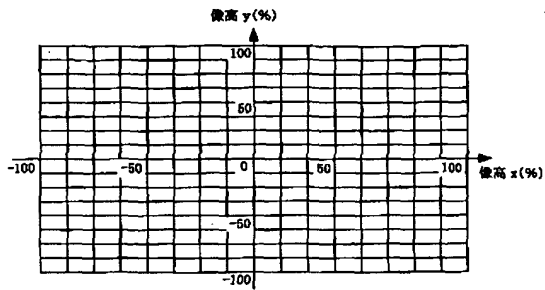
【図 1】



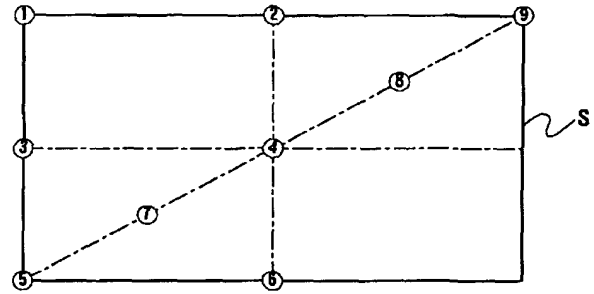
【図 2】



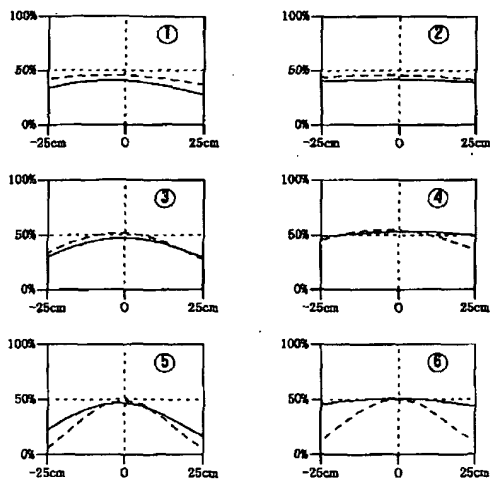
【図3】



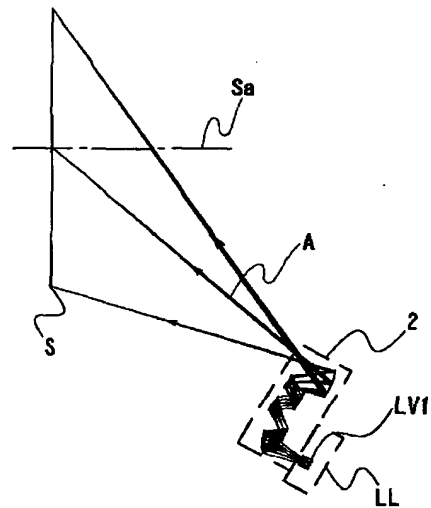
【図4】



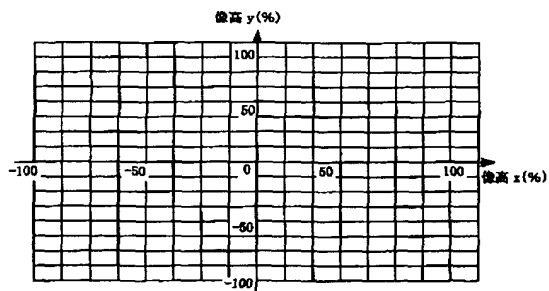
【図5】



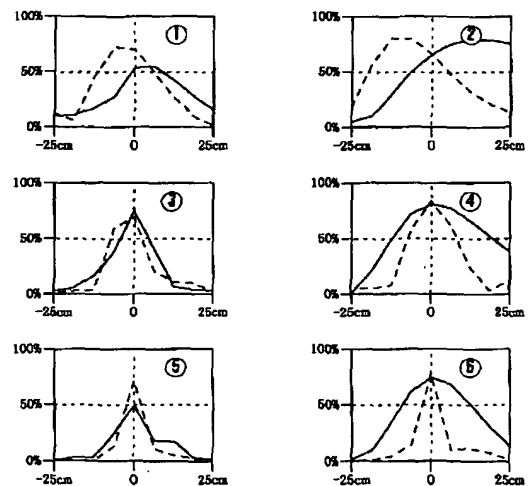
【図6】



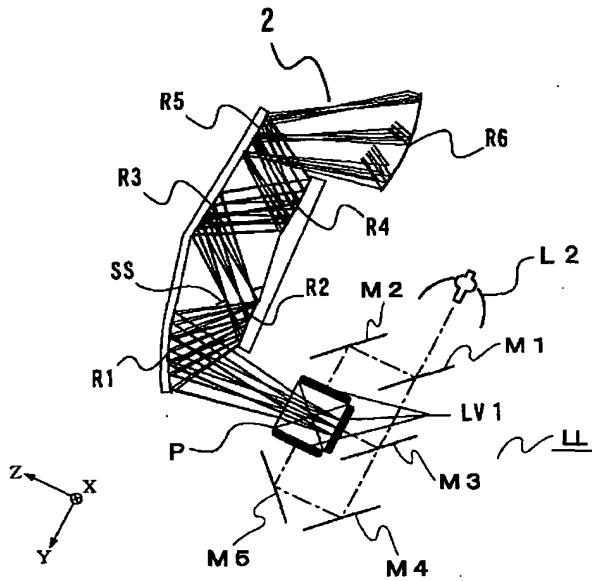
【図8】



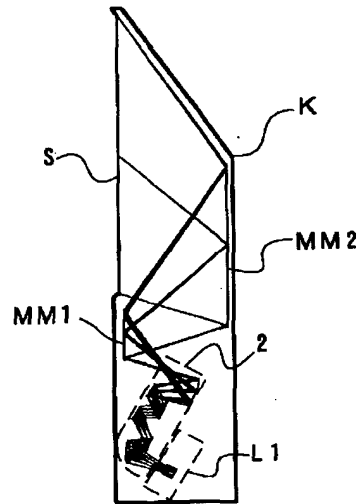
【図9】



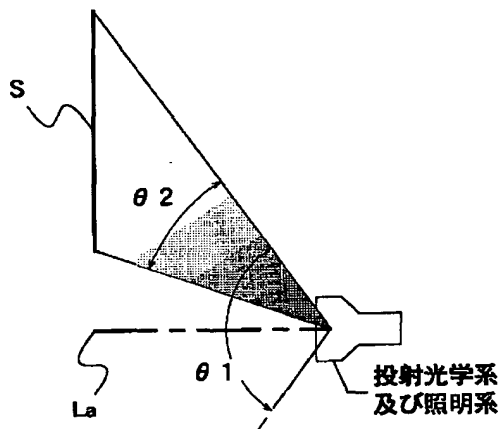
【図7】



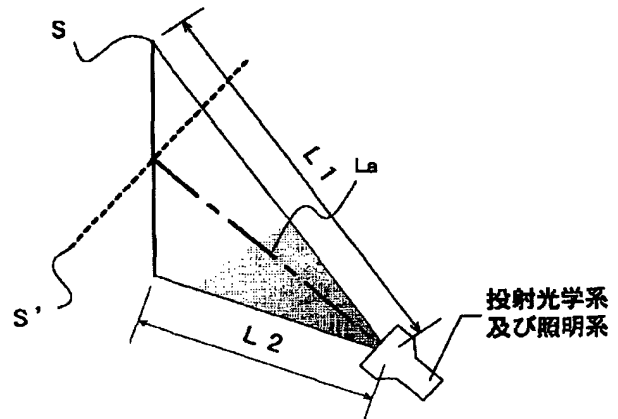
【図10】



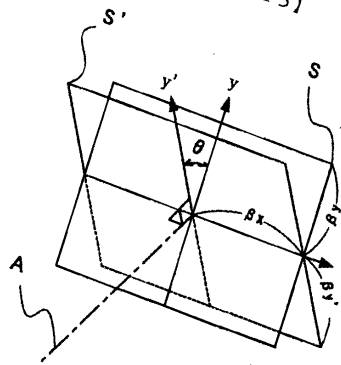
【図11】



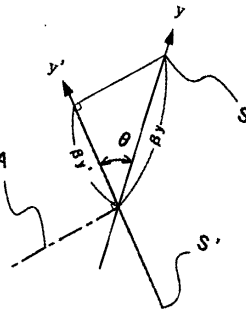
【図12】



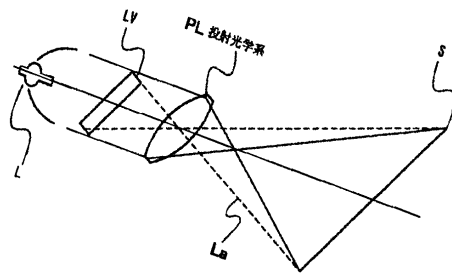
【図13】



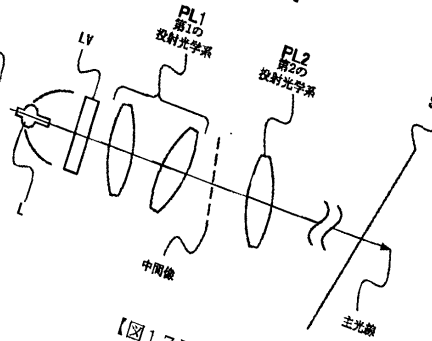
【図14】



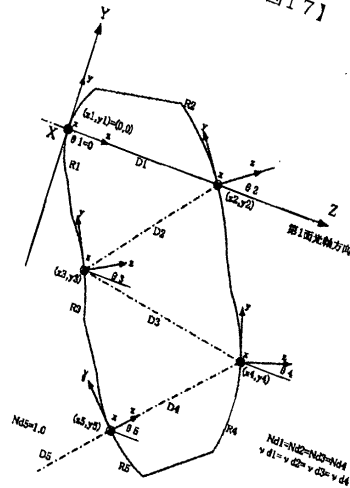
【図15】



【図16】



【図17】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	キーワード (参考)
H 0 4 N 5/74		H 0 4 N 5/74	A

F ターム (参考) 2H087 KA06 KA07 TA01  
2H088 EA13 EA14 EA15 HA13 HA21  
HA24 HA28 MA01 MA20  
5C058 EA02 EA12 EA13  
5G435 AA01 AA18 BB17 DD02 FF03  
FF08 GG03 GG08 GG23 LL15  
9A001 BB04 BB06 HZ23 KK16



## TITLE OF THE INVENTION

色合成光学系、投射型表示光学系、投射型画像表示装置および画像表示システム

## BACKGROUND OF THE INVENTION

### 1.FIELD OF THE INVENTION

本発明は、3つの色光を合成する色合成光学系、およびこの色合成光学系を用いた投射型表示光学系、投射型画像表示装置に関するものである。

### 2.DESRIPTION OF RELATED ART

従来の液晶プロジェクタでは、液晶表示素子を照明するランプのアーチ長を極力短くすることで光の利用効率を上げたり、液晶表示素子の開口率を上げたりすることによって、投射画像の高輝度化が図られている。

現状では0.7インチの小型の透過型液晶表示素子を使用した製品においても、1000アンシルーメンを超える輝度を有するものがある。また、高輝度化と同時に、液晶プロジェクタの小型化も図られている。

従来の液晶プロジェクタは、例えば特開2000-290010号公報にて提案されているような光学系を有する。すなわち、赤、緑、青に分離された光をそれぞれ変調する透過型液晶表示素子における照明光の照射側に偏光子としての入り側偏光板が、液晶表示素子によって変調された各色光を合成する色合成光学系の出射側に検光子としての出側偏光板が、それぞれ偏光方向が直交するように配置されている。液晶表示素子が黒を表示する際には、液晶表示素子を透過した光は出側偏光板に吸収されるため、黒の表示ができる。

より詳しく説明すると、青、緑、赤の各色照明光は、各色に対応した入り側偏光板を透過した後、各色に対応した液晶表示素子に入射し変調される。そして、液晶表示素子で変調された各色画像光は、出側偏光板を透過した後、ダイクロイックプリズムによって合成され、投射レンズによってスクリーンに拡大投影される。このように、偏光板とダイクロイックプリズムによって各色画像光を合成する色合成光学系が構成されている。

また、特開H7（1995）-306405号公報では、上記のような出側偏光板の代わりに、偏光ビームスプリッタを用い、黒表示時には液晶表示素子を透過した光が投射レンズに向かわない方向に反射させる光学系が提案されている。さらに言えば、上記特開H7（1995）-306405号公報にて提案の光学系は、偏光子としての入り側偏光板、検光子としての出側偏光板の代わりに、偏光ビームスプリッタを用い、さらに色合成を行なうために色合成部材を別途設けた構成になっている。

ところで、上記特開2000-290010号公報にて提案されている液晶プロジェクタにおいては、例えばランプの消費電力を上げて照明光量を増加させ、液晶プロジェクタの高輝度化を図ろうとすると、黒を表示する際に、出側偏光板が吸収しなければならない光量が増加し、出側偏光板が劣化するという熱的な問題が生じる。

この問題は、偏光板に冷却風をファンで吹きつける方法等で解決が図られてきたが、冷却風を強く偏光板に吹きつけようとする、冷却風を吹きつける音や、ファンの騒音が増加する。

一方、特開H7（1995）-306405号公報にて提案されている液晶プロジェクタでは、偏光子、検光子として偏光ビームスプリッタを用いているために、液晶プロジェクタを明るくするために照明光を増加しても、熱的な問題は生じないが、3色の色合成を検光子としての偏光ビームスプリッタとは別に設けた色合成用の偏光ビームスプリッタやダイクロイックプリズムで行なわなければならない。

したがって、投射レンズのバックフォーカスが長くなり、これに伴い投射レンズが大きくなるため、液晶プロジェクタ全体が大型化してしまう。

## SUMMARY OF THE INVENTION

本発明は、光源であるランプの容量を上げることによって高輝度化を図っても、熱的な問題の発生や大型化を抑えることができる色合成光学系、投射型表示光学系、投射型画像表示装置および画像表示システムを提供することを目的としてい

る。

上記の目的を達成するために、第 1、第 2 および第 3 の色光を合成する本発明の色合成光学系は、第 1 の偏光方向の光を反射して、前記第 1 の偏光方向とは異なる第 2 の偏光方向の光を透過する第 1 の光学膜を有し、該第 1 の光学膜によって前記第 1 および第 2 の色光を合成する第 1 の光学素子を有する。また、前記第 3 の色光を検光する偏光板を有する。さらに、特定の波長領域の光を反射して他の波長領域の光を透過する第 2 の光学膜を有し、前記第 2 の光学膜によって、前記偏光板を通過した前記第 3 の色光と前記第 1 の光学素子により合成された前記第 1 および第 2 の色光とを合成する第 2 の光学素子を有する。

本発明の色合成光学系、投射型表示光学系、投射型画像表示装置および画像表示システムの特徴は、図面を参照しての以下の具体的な実施例の説明により明確になるであろう。

## BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

### 【図 1】

本発明の実施形態 1 (Embodiment 1) である投射型表示光学系を有する液晶プロジェクタの要部概略図。

### 【図 2】

図 1 に示した投射型表示光学系を構成する色合成プリズムの説明図。

### 【図 3】

本発明の実施形態 2 である投射型表示光学系を有する液晶プロジェクタの要部概略図。

### 【図 4】

本発明の実施形態 3 である投射型表示光学系を有する液晶プロジェクタの要部概略図。

## DETAILED DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

Hereinafter, preferred embodiments of the invention will be described in detail with reference to the drawings.

### (実施形態 1)

図 1 には、本発明の実施形態 1 である投射型表示光学系を用いた液晶プロジェクタ（投射型画像表示装置）の概略構成を示している。

図 1 において、1 は超高圧水銀ランプ等の光源である。2 は放物面形状（楕円面形状であっても構わない）の反射面を有するリフレクタであり、図には放物面ミラーを示している。

光源 1 から出射された光束はリフレクター 2 で反射されて略平行光に変換され、第 1 フライアイレンズ 3 に入射する。第 1 フライアイレンズ 3 は、正の光学パワーを有する矩形のレンズ（凸レンズ）を複数個、平板上に配置して構成されたものである。

4 は第 1 フライアイレンズ 3 から出射された光束が入射する第 2 フライアイレンズであり、正の屈折力を有する矩形のレンズ（平凸レンズ）を複数個、平板上に配置して構成されている。第 1 フライアイレンズ 3 によって第 2 フライアイ 4 の各レンズのほぼ中心部に光源像が形成される。

5 は偏光変換素子アレイであり、偏光変換素子毎に入射する無偏光（ランダム偏光）の光を特定の偏光方向を有する直線偏光光として出射させる。各偏光変換素子から出射する偏光光の偏光方向は互いに一致している。

偏光変換素子アレイ 5 に入射した光は、不図示の偏光分離層 5 B にて P 波（P 偏光光）が透過し、S 波（S 偏光光）が反射することによって P 波と S 波に分離される。P 波は  $\lambda/2$  位相板 5 A により位相変換され、S 波と偏光軸の方向が揃えられる。これにより、偏光変換素子アレイ 5 から出射される光束はすべて同一方向の偏光軸を有した偏光光となる。

偏光変換素子アレイ 5 から出射された光束は、第 1 正レンズ 6 により偏向され、後述する色分解光学系で R（赤）、G（緑）、B（青）の 3 色の光成分に色分解さ

れ、RGBの各色別に設けられた透過型液晶表示パネル（画像形成素子）Pr、Pg、Pbの表示部上に照射される。

透過型液晶表示パネルPr、Pg、Pbは、光を透過させる際に、液晶表示パネルが有する画素のうち特定の画素に入射した偏光光の偏光方向を90°旋回させる作用を有する。つまり、S偏光で入射した入射光の一部をP偏光に変換する働きを有する。ここでこのような表示パネルは、例えばTN型液晶表示素子により構成されている。

本実施形態では、第1正レンズ6から出射された光束のうち、青反射ダイクロイックミラー8により反射された青色光成分は、高反射ミラー9、第2正レンズ15および青用の入り側偏光板16を介して透過型液晶表示パネルPbの表示部にS偏光状態で集光される。そして、青色用透過型液晶表示パネルPbが有する複数の画素のうち、スクリーン等の被投影面（図示せず）に投影する光（画像光）に相当する一部の画素に入射する光（S偏光）をS偏光からP偏光に変換するようにしている。

青反射ダイクロイックミラー8を透過した緑色および赤色の光成分のうちの緑色光成分は、緑反射ダイクロイックミラー10により反射され、第3正レンズ17および緑用の入り側偏光板18を介して透過型液晶表示パネルPgの表示部にS偏光状態で集光される。そして、緑色用透過型液晶表示パネルPbが有する複数の画素のうち、スクリーン等の被投影面に投影する光（画像光）に相当する一部の画素に入射する光（S偏光）をS偏光からP偏光に変換するようにしている。

さらに、緑反射ダイクロイックミラー10を透過した赤色光成分は、第4正レンズ11、高反射ミラー12、第5正レンズ13、高反射ミラー14、第6正レンズ19および赤用の入り側偏光板26を介して透過型液晶表示パネルPrの表示部に集光される。

そして、赤色用透過型液晶表示パネルPbが有する複数の画素のうち、スクリーン等の被投影面に投影する光（画像光）に相当する一部の画素に入射する光（S偏光）をS偏光からP偏光に変換するようにしている。

ここで、前述のように、各色用の液晶表示パネルに入射させる光は、必ずしも

S 偏光である必要は無く、P 偏光を入射させるようにしても構わない。

第4正レンズ11と第5正レンズ13は、赤色チャンネルのみ他の色チャンネルより光路が長いため、ほぼ等倍結像するリレーレンズの役目を果たしている。

各透過型液晶表示パネルには、駆動回路50が接続されており、駆動回路50には、パーソナルコンピュータ、ビデオ、テレビ、DVDプレーヤ等の画像情報供給装置60からの画像情報が供給される。駆動回路50は、供給された画像情報に基づいて各透過型液晶表示パネルに原画を表示させるための信号を出力する。各透過型液晶表示パネルに入射した光は、表示された原画に応じて変調される。これらは以下の実施形態でも同様である。

このように、本実施形態および他の実施形態のプロジェクタは、パーソナルコンピュータ等の画像情報供給装置と組み合わせることによって、画像表示システムを構成する。

青用の透過型液晶表示パネルPbで変調された青色光成分は、1/2波長板30で偏光方向を90°変換された後、偏光ビームスプリッタ（第1の光学素子）21を構成するプリズム21aに入射する。この偏光ビームスプリッタ21は、互いに同一の三角柱形状を有する2つのプリズム21a、21bを接合し、接合面にS偏光光を反射してP偏光光を透過させる偏光分離膜（第1の光学膜）Pを形成して構成されている。プリズム21aに入射した青色光成分のうち、画像光であるS偏光成分が選択的に偏光分離膜Pによって反射されることによって検光される。

ここで、青用の透過型液晶表示パネルPbと偏光ビームスプリッタ21の間には1/2波長板30のみが配置されており、偏光板は配置されていない。

また、緑用の透過型液晶表示パネルPgで変調された緑色光成分は、偏光ビームスプリッタ21を構成するプリズム21bに入射する。そして、P偏光成分のみが偏光分離膜Pを透過することによって検光される。こうして偏光分離膜Pによって反射された青色のS偏光成分と偏光分離膜Pを透過した緑色のP偏光成分とが合成され、偏光ビームスプリッタ21から出射する。

さらに、赤用の透過型液晶表示パネルPrで変調された赤色光成分は、赤用の出側偏光板20で検光された後、ダイクロイックプリズム（第2の光学素子）2

3を構成するプリズム23aに入射する。このダイクロイックプリズム23は、互い大きさの異なる三角柱形状を有する2つのプリズム23a, 23bを接合し、接合面に赤色光成分を反射して青および緑色光成分を透過させるダイクロイック膜（第2の光学膜）Dを形成して構成されている。

プリズム23aに入射した赤色光成分は、ダイクロイック膜Dでの反射を含めて2回反射するとともに、ダイクロイック膜Dを透過した青および緑色光成分と合成されてダイクロイックプリズム23から出射する。

なお、本実施形態では、ダイクロイックプリズム23内で赤色光成分が2回反射する場合について説明しているが、反射回数はこれに限らず、1回でも3回以上でもよい。

なお、本実施形態では、偏光ビームスプリッタ21とダイクロイックプリズム23とにより色合成プリズム（色合成光学系）22が構成されている。

こうして色合成プリズム22で合成され出射した3色の画像光は、投射レンズ25によって不図示のスクリーンに投射され、フルカラー画像を表示する。

ここで、上述した色合成プリズム22の構成について、図2を用いてさらに詳しく説明する。

色合成プリズム22は、上述したように偏光ビームスプリッタ21を構成するプリズム21a, 21bと、ダイクロイックプリズム23を構成するプリズム23a, 23bとにより構成されている。このように4つのプリズムにより形成された色合成プリズム22は、4ピースプリズムとも称される。

プリズム21aは、青色光成分の入射面となる透過面（第1（又は第2）の入射面）21a3と、S偏光光を反射してP偏光光を透過させる偏光分離膜Pが蒸着形成された偏光分離面21a2と、青および緑色光成分の出射面となる透過面（第1の出射面）21a1とを有する。プリズム21aの透過面21a3から入射した青色光成分のうちS偏光成分は、偏光分離膜Pによって反射されることによって検光され、透過面21a1から出射する。

プリズム21bは、緑色光成分の入射面となる透過面（第2（又は第1）の入射面）21b2と、プリズム21aの偏光分離面21a2に接合される透過面21b1と、非光学有効面である透過面（第2の出射面）21b3とを有する。プ

プリズム 2 1 b に透過面 2 1 b 2 から入射し、透過面 2 1 b 1 から出射した緑色光成分のうち P 偏光成分は偏光分離膜 P を透過することによって検光され、さらにプリズム 2 1 a を透過して出射する。こうして偏光分離膜 P によって反射された青色の S 偏光成分と、偏光分離膜 P を透過した緑色の P 偏光成分とが合成される。

なお、プリズム 2 1, 2 2 は、偏光状態を保ったまま光が透過することが望ましく、材料としては低光弾性ガラスを用いるのがよい。

プリズム 2 3 a は、出射面となる透過面であり、かつ入射する赤色光成分に対して全反射条件を満たす内面反射面でもある面（第 3 の出射面）2 3 a 1 と、赤色光成分を反射して青および緑色光成分を透過させるダイクロイック膜 D が蒸着形成されたダイクロイック面 2 3 a 2 と、赤色光成分の入射面となる透過面（第 4 の入射面）2 3 a 3 とを有する。

また、プリズム 2 3 b は、プリズム 2 3 a のダイクロイック面 2 3 a 2 に接合される透過面 2 3 b 1 と、プリズム 2 1 a から出射した青および緑色光成分の入射面となる透過面（第 3 の入射面）2 3 b 2 と、非光学有効面 2 3 b 3 とを有する。

プリズム 2 3 a の透過面 2 3 a 3 から入射した赤色光成分は、まず面 2 3 a 1 で全反射し、次にダイクロイック膜 D で反射する。そしてこの際、プリズム 2 3 b およびダイクロイック膜 D を透過してきた青および緑色光成分と合成され、今度は面 2 3 a 1 を透過してプリズム 2 3 a (色合成プリズム 2 2) から出射する。

なお、透過面 2 1 a 3, 2 1 b 2, 2 3 a 3 および面 2 3 a 1 には、空気とガラスの界面で生ずる表面反射光による光量損失を防ぐため、反射防止コート膜を形成することが望ましい。

また、プリズム 2 1 b の透過面 2 1 b 3 にも、偏光分離膜 P での検光により生じた不要な光が透過面 2 1 b 3 での表面反射で光路に戻り、投射画像のコントラストを低下させるのを防止するために、反射防止コート膜を形成することが望ましい。

ここで、本実施形態では、図 1 に示すように、青色光成分のうち偏光分離膜 P を透過してプリズム 2 1 b の透過面（非光学有効面）2 1 b 3 から出射した不要な P 偏光成分が、他の光路内に照射されたり他の光路内で熱の発生原因となった



りしないように、該透過面 2 1 b 3 に対向するように、光処理部材としての光吸収部材 4 0 を配置して、該透過面 2 1 b 3 から出射した青色の不要光を吸収するようにしている。

また、光吸収部材 4 0 は、緑色光成分に対しても同様の効果を奏している。ここでは、緑色光成分のうち偏光分離膜 P で反射してプリズム 2 1 b の透過面（非光学有効面） 2 1 b 3 から出射した不要な S 偏光成分が、他の光路内に照射されたり他の光路内で熱の発生原因となったりしないように、透過面（非光学有効面） 2 1 b 3 に対向するように配置された、前述の光吸収部材 4 0 を用いて、透過面（非光学有効面） 2 1 b 3 から出射した緑色の不要光を吸収するようにしている。

従来の光学系では、高い検光性能を有する偏光板によって不要な光を吸収していた（これが熱の発生原因となっていた）が、本実施形態では、そのような偏光板を青色光成分の光路に設けていないので、光吸収部材 4 0 を設けて、不要光が再びいずれかの光路に戻らないようにするのが望ましい。

なお、光吸収部材 4 0 としてはブラックアルマイト処理をした上に黒色塗装を施したアルミ板を用いることができる。さらに、このアルミ板を光路に対して傾けて配置することによって、不要光のうち光吸収部材 4 0 に吸収されずに反射するわずかな光があったとしても、これがプリズム 2 1 内の光路に戻らないようにすることができる。

また、プリズム 2 3 b の非光学有効面 2 3 b 3 は、プリズム 2 3 b での内面反射によるゴースト発生を防ぐため、研磨面ではなく、砂ズリ面とするのがよく、さらに黒色の塗料を塗布するのがよい。

また、プリズム 2 3 a のダイクロイック面 2 3 a 2 に形成されているダイクロイック膜 D は、プリズム 2 3 b の透過面 2 3 b 1 に形成してもよい。プリズム 2 3 b のほうがプリズム 2 3 a よりも小さいので、ダイクロイック膜 D を蒸着するときに、蒸着チャンバ内に多くのプリズムを入れることができ、製造コストを安くすることができる。

また、プリズム 2 1 a の偏光分離面 2 1 a 2 に形成されている偏光分離膜 P は、プリズム 2 1 b の透過面 2 1 b 1 に形成してもよい。

以上のように構成することにより、波長が短いためにエネルギーの高い青光及

び白色光の中に多く含まれる緑光を偏光ビームスプリッタ 2 1 で検光することが可能であり、強い照明光を入射すると熱によって劣化してしまう出側偏光板を青色および緑色光成分の光路に設ける必要がなくなる。これにより、高い検光性能を有する（すなわち、遮断する光量が多い）出側偏光板を廃止することができ、液晶プロジェクタによる投射画像を明るくすることができる。

さらに、一般的な偏光ビームスプリッタは、特に角度のついた光に対しては S 偏光に対する反射率のほうが P 偏光に対する透過率よりも高い。このため、S 偏光で検光した（すなわち、不要光である S 偏光を偏光ビームスプリッタで反射させて、被投影面に投影される光路上から外す）方が、P 偏光で検光する（不要光である P 偏光を偏光ビームスプリッタで透過させて、被投影面に投影される光路上から外す）よりも、検光子としての性能が高い。この点、本実施形態においては視感度が高く、コントラストに強く影響する緑色光成分を S 偏光で検光する（S 検光する）構成になっているため、投射画像に高いコントラストを得ることができる。

ここで、緑色用液晶表示パネル P g とプリズム（第 1 光学素子）2 1 の間及び青色用液晶表示パネル P b とプリズム（第 1 光学素子）2 1 の間のいずれか一方にのみ、偏光板を配置するようにしてもよい。また、偏光板以外の、特定の偏光方向の光以外を遮光する部材、もしくは偏光ビームスプリッタ等の特定の偏光光と他の偏光光とを分離する部材を配置してもよい。偏光板を配置すると、偏光板と偏光ビームスプリッタとで二重に検光することができるため、偏光板を配置した光路を通る色光の偏光純度を向上させることができる。ただし、この実施形態 1 においては、比視感度の高い緑色光に関しては、偏光ビームスプリッタにおける検光性能が十分に高いため、偏光板は配置していない。また、青色光に関しては、青色光の波長が短いためエネルギーが高く、高温になると性能が劣化してしまうという理由から、偏光板は配置していない。勿論上記の問題が解決されれば、青色光の光路上に偏光板を配置しても構わない。

また、出側偏光板が比較的熱による障害を受けにくい赤色光成分に関しては、出側偏光板 2 0 を設けるとともに、プリズム 2 3 a 内で全反射させた後に、ダイクロイック膜 D で色合成を行なっている（2 回反射している）ため、投射レンズ

25のバックフォーカスを短くすることができ、液晶プロジェクタ（投射型画像表示装置）を小型化することができる。

（実施形態2）

図3には、本発明の実施形態2である投射型表示光学系を用いた液晶プロジェクタ（投射型画像表示装置）の概略構成を示している。なお、本実施形態の基本的な構成は実施形態1と同じであり、共通する構成要素については実施形態1と同じ符号を付して説明に代える。

本実施形態では、第1正レンズ6から出射した光束のうち、緑反射ダイクロイックミラー80により反射した緑色光成分は、高反射ミラー9、第2正レンズ15および緑用の入り側偏光板160を介して緑用の透過型液晶表示パネルPgの表示部にS偏光状態で集光される。

緑反射ダイクロイックミラー80を透過した青色および赤色の光成分のうちの青色光成分は、青反射ダイクロイックミラー100により反射され、第3正レンズ17および青用の入り側偏光板180を介して青用の透過型液晶表示パネルPbの表示部にS偏光状態で集光される。

青反射ダイクロイックミラー100を透過した赤色光成分は、第4正レンズ11、高反射ミラー12、第5正レンズ13、高反射ミラー14、第6正レンズ19および赤用の入り側偏光板26を介して赤用の透過型液晶表示パネルPrの表示部に集光される。第4正レンズ11と第5正レンズ13は、赤色チャンネルのみ他の色チャンネルより光路が長いため、ほぼ等倍結像するリレーレンズの役目を果たしている。

緑用の透過型液晶表示パネルPgで変調された青色光成分は、1/2波長板32で偏光方向を90°変換された後、緑用の出側偏光板31を透過し、色合成プリズム22のうち偏光ビームスプリッタ21を構成するプリズム21aに入射する。ここで、緑用の出側偏光板31は、他の偏光板に比べて検光性能が低く、透過率が高い。したがって、緑色光成分を検光することによる偏光板31での熱の発生はそれほど問題とならない。

また、青用の透過型液晶表示パネルPbで変調された青色光成分は、偏光ビー

ムスプリッタ 2 1 を構成するプリズム 2 1 b に入射する。尚、この実施形態 2 では、青色光の光路上においては、青色用液晶表示パネル P b と偏光ビームスプリッタ 2 1 とは隣り合っており、間に偏光板等の光学素子は配置していない。つまり、青色用液晶表示パネル P b からの青色光は、偏光ビームスプリッタ 2 1 にそのまま入射する。

さらに、赤用の透過型液晶表示パネル P r で変調された光は、赤用の出側偏光板 2 0 を介して、色合成プリズム 2 2 のうちダイクロイックプリズム 2 3 を構成するプリズム 2 3 a に入射する。色合成プリズム 2 2 によって色合成された 3 つの色光成分は、投射レンズ 2 5 によって不図示のスクリーンに投射される。

ここで、上記実施形態 1 でも説明したように、一般的な偏光ビームスプリッタは、特に角度のついた光に対しては S 偏光に対する反射率のほうが P 偏光に対する透過率よりも高く、S 偏光で検光した方が検光子としての性能が高い。この点、本実施形態では、1 / 2 波長板 3 2 を透過型液晶表示パネル P g と偏光ビームスプリッタ 2 1 との間に配置することによって、比視感度が高く明るさに強く影響する緑色光成分を S 偏光で偏光ビームスプリッタ 2 1 に入射させ、偏光分離面 P で反射させて投射するため、明るい画像を投射可能な液晶プロジェクタを実現できる。

さらに、比視感度の高い緑色用液晶表示パネル P g の出射側に偏光板 3 1 を設けることによって、P 偏光で検光されるために低下する検光性能を補うことができるので、投射画像における高いコントラストと明るさのバランスをとることができる。

勿論、緑用の出側偏光板 3 1 は設けなくても、偏光ビームスプリッタ 2 1 の特性次第では十分に高いコントラストが得られるので、緑用の出側偏光板 3 1 は必ずしも必要な訳では無い。

また、本実施形態では、緑色光成分のうち偏光分離膜 P を透過してプリズム 2 1 b の非光学有効面 2 1 b 3 から出射した不要な P 偏光成分が、他の光路内に照射されたり他の光路内で熱の発生原因となったりしないように、非光学有効面 2 1 b 3 に対向するように光吸収部材 4 0 を配置している。

## (実施形態 3)

図 4 には、本発明の実施形態 3 である投射型表示光学系を用いた液晶プロジェクタ（投射型画像表示装置）の概略構成を示している。なお、本実施形態の基本的な構成は実施形態 1 と同じであり、共通する構成要素については実施形態 1 と同じ符号を付して説明に代える。

本実施形態では、偏光ビームスプリッタ 2 1 のプリズム 2 1 a とダイクロイックプリズム 2 3 のプリズム 2 3 b との間に、色選択性位相差板 3 4 と偏光板 3 5 とを設けている。色選択性位相差板 3 4 は、青色光のみの偏光状態を  $90^\circ$  変化させる作用を有し、カラーリンク社からカラーセレクト®と言う商品名で販売されているものを用いることができる。偏光板 3 5 は P 偏光を透過させ、S 偏光を吸収する。

このような構成にすることにより、S 検光に対して検光性能の劣る P 検光された青色光成分に混ざった P 偏光光が、色選択性位相差板 3 4 によって S 偏光光に変換され、偏光板 3 5 に吸収されることで、投射画像について高いコントラストを得ることができる。

また、本実施形態でも、実施形態 1 と同様に、青色光成分のうち偏光分離膜 P を透過してプリズム 2 1 b の非光学有効面 2 1 b 3 から出射した不要な P 偏光成分が、他の光路内に照射されたり他の光路内で熱の発生原因となったりしないように、非光学有効面 2 1 b 3 に対向するように光吸収部材 4 0 を配置している。

なお、上記各実施形態においては、特開 2 0 0 1 - 2 9 0 0 1 0 号公報にて提案された照明光学系を用いた場合について説明した。但し、例えば、光軸直交断面において互いに直交する 2 方向のうち 1 方向にのみ照明光束を圧縮して照明する方式を、偏光ビームスプリッタの偏光分離方向を含む方向に照明光を圧縮するかたちで用いると、偏光ビームスプリッタの入射角度によって検光性能が劣化するという問題を軽減することができ、より高いコントラストを得ることができる。

以上説明したように、上記各実施形態によれば、第 1 および第 2 の色光の検光に際して高い検光性能を有する偏光板を用いる従来の場合のように、該偏光板で多くの光が吸収されて熱的な問題が発生することを回避することができる。

特に、第 1 の光学素子で検光される第 1 および第 2 の色光のうち一方を、他の

色光に比べてエネルギーの高い青色光としたり、白色光中に最も多く含まれる緑色光とすることにより、より確実に熱的な問題の発生を防止することが可能となる。

また、第 2 の光学素子にて合成された光を投射光学系で投射する場合には、投射光学系のバックフォーカスを短くすることができる。

したがって、明るい投射画像が得られ、かつ大がかりな冷却も不要で、小型の色合成光学系、投射型表示光学系および投射型画像表示装置を実現することができる。

また、第 1 の光学素子（プリズム）から出射した不要光が光路中に戻ることを防止する、光吸収部材のような光処理部材を設けることにより、不要光が他の光路内に照射されたり他の光路内で熱の発生原因となったりしないようにすることができる。

また、第 1 および第 2 の色光のうち一方をコントラストに強く影響する緑色光とし、さらにこの緑色光を、一般に検光性能が高い S 偏光で検光されるように P 偏光光として第 1 の光学素子に入射させることにより、明るく高いコントラストの投射画像を得ることが可能となる。

また、第 1 および第 2 の色光のうち一方をコントラストに強く影響する緑色光とし、さらにこの緑色光を、一般に光量が多くとれる P 偏光で検光されるように S 偏光光として第 1 の光学素子に入射させることにより、きわめて明るい投射画像を得ることが可能となる

また、第 1 の光学素子において P 偏光で検光される色光の光路（例えば、第 1 の光学素子の入射面の手前）に  $1/2$  波長板を配設し、S 偏光に変換してから第 1 の光学素子で検光させるようにすることにより、第 1 の光学素子に入射するすべての色光の偏光の条件を揃えて、第 1 の光学素子の設計を容易にすることが可能となる。

また、第 1 の光学素子に入射する緑色光の光路に偏光板を配設し、この偏光板と第 1 の光学素子の 2 段で緑色光の検光を行うことにより、より高いコントラストを得るようにしてもよい。このとき、偏光板は熱的な問題が生じない程度の低い検光性能のものでよい。

さらに、第 1 の光学素子と第 2 の光学素子との間に偏光板を配設して、第 1 の光学素子から漏れてくる不要光を遮断し、より高いコントラストを得るようにしてもよい。

また、第 1 の光学素子と第 2 の光学素子との間に波長選択性位相差板と偏光板とを配設することにより、より高いコントラストを得ることができる。

While preferred embodiments have been described, it is to be understood that modification and variation of the present invention may be made without departing from the scope of the following claims.

Claims:

1. 第1、第2および第3の色光を合成する色合成 (color-combining) 光学系で、

- ・第1の偏光方向の光を反射して、前記第1の偏光方向とは異なる第2の偏光方向の光を透過する第1の光学膜を有し、該第1の光学膜によって前記第1および第2の色光を合成する第1の光学素子、

- ・前記第3の色光を検光する偏光板、

- ・特定の波長領域の光を反射して他の波長領域の光を透過する第2の光学膜を有し、前記第2の光学膜によって、前記偏光板を通過した前記第3の色光と前記第1の光学素子により合成された前記第1および第2の色光とを合成する第2の光学素子、

を有することを特徴とする。

2. クレーム1に従う色合成光学系で、さらに、

前記第1の光学素子における前記第2の光学素子に向かう光の出射面以外の面から出射 (emerge) した光が再び光路に戻らないようにする光処理部材を有する、ことを特徴とする。

3. クレーム2に従う色合成光学系で、

前記光処理部材は光を吸収する部材である、ことを特徴とする。

4. クレーム1に従う色合成光学系で、

前記第1の光学素子における前記第2の光学素子に向かう光の出射面以外の面に、光の反射を抑制する膜が設けられている、ことを特徴とする。

5. クレーム1から4のいずれか1つに従う色合成光学系で、



前記第 1 および第 2 の色光のうち一方が青色光、他方が緑色光であり、前記第 3 の色光が赤色光である。

6. クレーム 5 に従う色合成光学系で、

原画を形成する 3 つの画像形成素子からの青色光、緑色光および赤色光を合成する、

前記緑色光は、緑色光用の画像形成素子から前記第 1 の光学素子に S 偏光として入射する、

前記第 1 の光学素子と前記緑色光用の画像形成素子との間に 1 / 2 波長板と偏光板とが設けられている、  
ことを特徴とする。

7. クレーム 5 に従う色合成光学系で、

原画を形成する 3 つの画像形成素子からの青色光、緑色光および赤色光を合成する、

前記緑色光は、緑色光用の画像形成素子から前記第 1 の光学素子に P 偏光として入射する、

前記第 1 の光学素子には、前記緑色光用の画像形成素子からの緑色光が偏光板を介さずに入射する、  
ことを特徴とする。

8. クレーム 1 から 4 のいずれか 1 つに従う色合成光学系で、

前記第 1 の色光および第 2 の色光のうち一方の色光の光路における前記第 1 の光学素子に入射する手前の位置に 1 / 2 波長板が設けられている、  
ことを特徴とする。

9. クレーム 1 から 4 のいずれか 1 つに従う色合成光学系で、

前記第 1 の色光の光路は、前記第 1 の光学膜で反射した第 1 の色光が前記第 2 の光学素子に入射するように形成され、かつ前記第 1 の色光の光路における前記

前記第 1 の光学素子に入射する手前の位置に 1 / 2 波長板が設けられている、  
ことを特徴とする。

10. クレーム 9 に従う色合成光学系で、

前記第 1 の色光の光路における前記第 1 の光学素子に入射する手前の位置に偏  
光板が設けられている、  
ことを特徴とする。

11. クレーム 10 に従う色合成光学系で、

原画を形成する 3 つの画像形成素子からの前記第 1、第 2 および第 3 の色光を  
合成する、

前記第 1 の色光は、第 1 の色光用の画像形成素子から前記第 1 の光学素子に入  
射する、

前記第 1 の色光の光路に設けられた偏光板は、前記第 1 の光学素子と前記第 1  
の色光用の画像形成素子との間に設けられている、  
ことを特徴とする。

12. クレーム 1 から 4 のいずれか 1 つに従う色合成光学系で、

原画を形成する 3 つの画像形成素子からの第 1、第 2 および第 3 の色光を合成  
する、

前記第 1 の色光および第 2 の色光のうち一方が緑色光である、

前記第 1 の光学素子と前記緑色光用の画像形成素子との間に偏光板が設けられ  
ている、  
ことを特徴とする。

13. クレーム 1 から 4 のいずれか 1 つに従う色合成光学系で、

前記第 1 の光学素子と前記第 2 の光学素子との間に波長選択性位相差板が設け  
られている、  
ことを特徴とする。

14. クレーム13に従う色合成光学系で、

前記第1の光学素子と前記第2の光学素子との間に偏光板が設けられている、  
ことを特徴とする。

15. クレーム1から4のいずれか1つに従う色合成光学系で、

原画を形成する3つの画像形成素子からの第1、第2および第3の色光を合成  
する、

前記第1の色光と前記第2の色光のうちの一方が青色光である、

前記第1の光学素子には、前記青色光用の画像形成素子からの青色光が偏光板  
を介さずに入射する、  
ことを特徴とする。

16. クレーム1から4のいずれかに従う色合成光学系で、

原画を形成する3つの画像形成素子からの第1、第2および第3の色光を合成  
する、

前記第1の色光と前記第2の色光のうちの一方が青色光である、

前記第1の光学素子と前記青色光用の画像形成素子との間に1/2波長板が設  
けられ、偏光板は設けられていない、  
ことを特徴とする。

17. クレーム1から4のいずれか1つに従う色合成光学系で、

前記第1の光学素子は、

- ・前記第1の偏光方向の光である前記第1の色光が入射する第1の入射面、
  - ・前記第2の偏光方向の光である前記第2の色光が入射する第2の入射面、
  - ・前記第1の光学膜で合成された光が前記第2の光学素子に向かって出射する  
第1の出射面、
  - ・不要光が出射する第2の出射面
- を有する。

前記第 2 の光学素子は、

- ・ 前記第 1 の出射面から出射した光が入射する第 3 の入射面、
- ・ 前記第 3 の色光が入射する第 4 の入射面、
- ・ 前記第 2 の光学膜により合成された光が出射する第 3 の出射面

を有する、

ことを特徴とする。

18. クレーム 1 から 4 のいずれか 1 つに従う色合成光学系で、

前記第 2 の光学素子は、前記第 3 の色光を少なくとも 2 回反射して前記第 1 および第 2 の色光と合成する、

ことを特徴とする。

19. クレーム 18 に従う色合成光学系で、

前記第 2 の光学素子は、前記第 3 の色光を、前記第 2 の光学素子内で全反射した後、前記第 2 の光学膜で反射することにより、前記第 1 および第 2 の色光と合成する。

20. 投射型表示光学系は以下を含む。

- ・ 光源
- ・ 該光源からの光を第 1、第 2 および第 3 の色光に分解する色分解光学系、
- ・ 前記第 1、第 2 および第 3 の色光を変調するための原画をそれぞれ形成する第 1、第 2 および第 3 の画像形成素子、
- ・ 前記画像形成素子からの前記第 1、第 2 および第 3 の色光を合成するクレーム 1 から 4 のいずれか 1 つに従う色合成光学系、
- ・ 前記色合成光学系により合成された光を被投射面に投射する投射光学系。

21. 投射型画像表示装置は以下を含む。

- ・ クレーム 20 に従う投射型表示光学系、
- ・ 前記第 1、第 2 および第 3 の画像形成素子を駆動する駆動回路。

22. 画像表示システムは以下を含む。

- ・クレーム 21 に従う投射型画像表示装置、
- ・前記投射型画像表示装置に対して、前記第 1、第 2 および第 3 の画像形成素子に原画を形成させるための画像情報を供給する画像情報供給装置。

ABSTRACT OF DISCLOSURE

熱的な問題の発生や大型化を抑えることができる色合成光学系を開示する。  
色合成光学系は、第1の偏光方向の光を反射して、前記第1の偏光方向とは異なる第2の偏光方向の光を透過する第1の光学膜を有し、該第1の光学膜によって前記第1および第2の色光を合成する第1の光学素子を有する。また、前記第3の色光を検光する偏光板を有する。さらに、第2の光学膜によって、前記偏光板を通過した前記第3の色光と前記第1の光学素子により合成された前記第1および第2の色光とを合成する第2の光学素子を有する。

選択図 図1